



**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**KLOR GAZI TANKLARININ VE TÜPLERİNİN SÖKÜLMESİ,  
TAŞINMASI VE BERTARAFI PROJESİ  
TEKNİK UYGUNLUK RAPORU**

**RAPORU HAZIRLAYAN:**

**Doktor Öğretim Üyesi Sefa KOCABAŞ  
Uzman Doktor H.Zekeriya DOĞAN**

**Kasım 2024**



**ARDAM Atık Yönetimi ve Depolama Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi  
Sincan Organize Sanayi Bölgesi, Büyük Selçuklu Caddesi, No:5  
Sincan/ANKARA**

# TEKNİK GÖRÜŞ

Rapor Tarihi: 14 Kasım 2024

Rapor Konusu: İlgili Makamlara sunulmak üzere, ARDAM Atık Yönetimi ve Depolama Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'nin KIBTEK Teknecik Elektrik Santrali, Esentepe/GİRNE KKTC adresinde bulunan tesiste gerçekleştirmeyi planladığı Klor Gazı Tanklarının ve Tüplerinin Sökülmesi, Taşınması ve Bertarafı İşlemi için teknik görüş raporunun hazırlanması.

Raporu Hazırlayanlar:

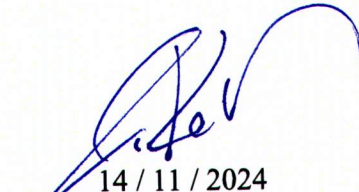
Dr.Öğr.Üyesi Sefa KOCABAŞ



Uzm.Dr. Zekeriya DOĞAN



RAPOR ONAYI



14 / 11 / 2024  
Prof. Dr. Şeyda Korkut URU  
(Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı)

## İÇİNDEKİLER

TEKNİK GÖRÜŞ BİLGİLERİ VE ONAYI.....	2
İÇİNDEKİLER	3
1. KLOR GAZI .....	4
1.1 KLOR GAZI YIKAMA YÖNTEMLERİ.....	4
3. FAALİYET KONULARININ DETAYLANDIRILMASI.....	6
3.1 TERMİK SANTRAL İŞLETMESİNDE SOĞURMA SULARI.....	6
4. KİMYASAL PROSES .....	6
4.1. KLOR - SODYUM HİDROKSİT REAKSİYONU.....	6
4.2. KLOR GAZI YIKAMA SİSTEMİ .....	6
4.3. YIKAMA PROSESİ:.....	7
4.4 KONTROL NOKTALARI: .....	9
4.5. PROSES MALZEME EKİPMAN ÖZELLİKLERİ.....	9
5. GÜVENLİK ÖNLEMLERİ.....	9
5.1.KİŞİSEL KORUYUCU EKİPMANLAR (KKE).....	10
5.2. GAZ DEDEKTÖRÜ.....	10
6. KLOR GAZI BERTARAF KOLONU .....	11
6.1. KATKI VE KİMYASALLAR.....	12
6.2. PROSES SONUCU ELDE EDİLEN ÜRÜNLER.....	12
7. AKIŞ DİYAGRAMI.....	13
8. İŞLEM SAHASI.....	13
9. TEKNİK GÖRÜŞ.....	14

## 1.KLOR GAZI

Klor; kimyasal formülü Cl<sub>2</sub> olan, keskin kokulu, yeşile dönük sarı renkli, tahriş edici ve zehirleyici bir gazdır. Oda sıcaklığında klor gaz halinde bulunur. Saf klor -34,04 °C kaynar. Basınç altında sıvılaştırılmış olarak basınca dayanıklı çelik tüplerle taşınır. Havadan 2,5 kat daha ağırdır. Bu nedenle klor, özellikle rüzgarın az ve nemin yüksek olduğu alçak bölgelere oturur. Klor gazı zehirleyici ve korozif etkiye sahip olması sebebiyle kullanım ve taşınması sırasında gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

<b>Kimyasal Adı</b>	Klor
<b>Kimyasal Formül</b>	Cl <sub>2</sub>
<b>Cas Numarası</b>	7782-50-5
<b>Molekül Ağırlığı</b>	35,453 g/mol
<b>Kaynama Noktası</b>	-34,04 °C
<b>Bağıl Buharlaşma Yoğunluğu/Buhar Yoğunluğu</b>	3,2x10 <sup>-3</sup> g/cm <sup>3</sup>
<b>Flash Point</b>	Gaz
<b>Kendinden Tutuşma Sıcaklığı</b>	-
<b>Maruziyet Limitleri (OSHA):</b>	
<b>Uzun Süreli Maruziyet Limiti (8 saat)</b>	1 ppm – 3 mg/L
<b>Kısa Süreli Maruziyet Limiti (15 dakika)</b>	0,5 ppm – 1,5 mg/L

### 1.1.Klor Gazı Yıkama Yöntemleri:

Klor gazı, reaktivite ve toksisite açısından tehlikeli bir madde olmasına rağmen uygun önlemlere uyulması koşuluyla güvenli bir şekilde proses edilebilir. Klor içeren sistemlerin risk değerlendirmelerine göre gaz temizleme sistemleri güvenlik ve çevre sağlığı açısından önem taşımaktadır. Klor gazı atıklarının çevreye salınımının önlenmesinde en sık kullanılan yöntemlerden bir tanesi gaz yıkama sistemleridir. Klor gazı yıkama sistemlerinde; klor gazı özel dolgulu kolona beslenir ve burada yıkama kimyasalı ile reaksiyona sokulur. Ortaya çıkan ürün ve yan ürünler tanklarda depolanmaya gönderilir.

Klor gazı yıkama sistemlerinde kullanılan kimyasalların bir listesi aşağıda verilmektedir;

- Sodyum Hidroksit
- Potasyum Hidroksit
- Sodyum Karbonat
- Kalsiyum Hidroksit
- Sodyum Sülfid
- Sodyum Tiyosülfid

- Demir Klorür
- Hidrojen Peroksit

Yıkama kimyasalı uygulamanın özelliğine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu çalışmadan en sık tercih edilen kimyasal olması ve saf klor gazı işleneceği göz önünde bulundurularak sodyum hidroksit yıkama kimyasalı olarak seçilmiştir.

### 3. FAALİYET KONULARININ DETAYLANDIRILMASI

#### 3.1.Termik Santral İşletmesinde Soğutma Suları:

Elektrik üretim santralleri içinde termik santraller en fazla su tüketimi olan santraller olarak bilinmektedir. Kömür yıkama işlemi esnasında kömür cevherinden taş, sülfür ve külün temizlenmesi için genelde su kullanılmaktadır. Ancak termik santrallerde en fazla su tüketimi proses ve soğutma amaçlı kullanımda meydana gelmektedir. Proses aşamasında, suyun içindeki bazı elementlerin (magnezyum, kalsiyum gibi) ekipmanlara zarar vermesinin engellenmesi için kazanın içindeki boruların içinden geçen suyun yüksek saflıkta olması tercih edilmektedir.

Termik santrallerin soğutma suyu ihtiyacının büyük olması sebebiyle genellikle deniz, akarsu, göl, baraj, nehir gibi su kaynaklarına yakın yerlere kurulmaktadır. Termik santrallerde açık devre, kapalı devre ve susuz/kuru soğutma olarak tabir edilen üç farklı soğutma sistemi mevcuttur.

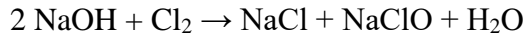
Deniz suyu, tuzluluk ve çeşitli kirleticiler nedeniyle içme veya endüstriyel kullanım için doğrudan uygun değildir. Bu nedenle deniz suyu arıtma sistemleri, deniz suyunu tuzdan arındırma (desalinasyon) ve kirleticileri giderme süreçlerini içerir.

Elde edilen temiz su, mikroorganizmaların öldürülmesi ve hastalık taşıyıcılarına karşı korunması için dezenfekte edilir. Dezenfeksiyon için klor, ultraviyole (UV) ışık veya ozon gibi yöntemler kullanıldı. Bu yöntemler teknolojinin gelişimi ve maliyet durumu göz önüne alınarak artık kullanılmamaktadır. **Kullanılmayan Klorun zaman içerisinde bertarafı ihtiyacı doğmaktadır.**

### 4. BERTARAF AİT KİMYASAL PROSES

#### 4.1. Klor - Sodyum Hidroksit Reaksiyonu:

Klor gazı (Cl<sub>2</sub>) sodyum hidroksit (NaOH) ile tepkimeye girdiğinde sodyum hipoklorit (NaOCl) ve tuz (NaCl) açığa çıkar. Ekzotermik bir reaksiyon olan tepkime aşağıda verilmektedir.



#### 4.2. Klor Gazı Yıkama Sistemi:

Gaz yıkama sistemlerinin tasarımı toplumun/çevrenin korunması ve güvenliği hedef alınarak yapılmalıdır. Hem yıkama sistemi hem de besleme sistemleri ihtiyaçları karşılayacak şekilde tanımlanmalı ve tasarım bu tanımlamalara göre yapılmalıdır.

Bu çalışmada klor gazı, atık tank/tüplerin ventilasyonlarından alınacaktır. Bu nedenle sisteme sadece saf, kuru ve gaz halinde klor gazı beslemesi yapılacağı öngörülmektedir. Sıvı gazın sisteme girişinin önüne geçilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Sistemde inert gaz kullanımı reaksiyonun temas yüzey alanının genişlemesine ve oluşan su buharının atılmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede ortaya çıkan ısının da uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır.

Sistemde kullanılacak klor gazının kuru olması sebebi ile sistemde oluşacak ısıl yük düşük olacaktır. Bu nedenle ayrı bir soğutma sistemine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bunun yerine kostik beslemesi ekstra yapılarak sistemin fazla ısınmasının önüne geçilecektir.

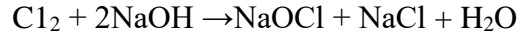


### 4.3. Yıkama Prosesi:

Bu çalışmada sürekli sistem çalışan bir yıkama sistemi kullanılacaktır. Sistem temel olarak özel olarak hazırlanmış bir dolgulu kolon ve yan ekipmanlarından oluşmaktadır. Prosesin temel akım şeması Şeki 1’de gösterilmektedir.

Kostik çözeltisi bir pompa yardımı ile dolgulu kolonun üst bölgesinden beslenmektedir. Tüp/tanklardan alınan klor gazı ise gaz/sıvı ayırıcıdan geçirilerek kolonun alt bölümüne beslenmektedir. Dolgulu kolon içerisinde gerçekleşen reaksiyon sonucunda oluşan hipoklorit/tuz çözeltisi kolonun dibindeki çıkıştan kostik çözeltisi içeren ayrı bir tanka gönderilmektedir. Buradan doygun çözelti haline gelen hipoklorit depolama tankına alınır. Kolon alt çıkışında eğer tuz çökmesi başlamışsa (aşırı doymuş çözelti oluşumu) tanktan kolona geri besleme yapılır. Kolon tepesinden alınan su buharı/inert gaz vb. gazlar yine bir kostik tankından geçirilerek atmosfere verilir. Bunun öncesinde klor gazı detektörü/analizörü kullanılarak çıkan gazın atmosfere salınmaya uygun olup olmadığı belirlenir.

Depolama tanklarında bulunan  $Cl_2$  gazı depolama  $NaOH$  ile reaksiyonu;



şeklinde gerçekleşir ve  $Cl_2$  gazı nötralize edilir.

Stokiyometrik olarak 1 kg  $Cl_2$  gazını nötralize etmek için 1,13 kg  $NaOH$  gerekir, reaksiyon sonrası 1,05 kg sodyum hipoklorit ( $NaOCl$ ) ve 0,825 kg  $NaCl$  üretilir. Pratik uygulamalarda, genelde, %10 fazla  $NaOH$  kullanılır.

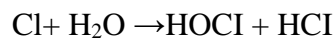
Aşın klorlanmayı önlemek için stokiyometrik değerin üzerinde %10 fazla  $NaOH$  kullanılır.

Nötralizasyon işleminde %10 fazla  $NaOH$ 'ın daima korunması gerekir. Aksi takdirde, bir kısım klor reaksiyona giremeyebilir. Aşırı koşullarda,  $Cl_2$  gazı serbest kalabilir. Kontrollü işlemlerde, çok düşük artık  $NaOH$  konsantrasyonları elde edilebilir.  $Cl_2$  gazı akışlarının düzensiz olduğu veya daha az karmaşık kontrol sistemlerinin olduğu durumlarda,  $Cl_2$  gazı emisyonlarını önlemek için nispeten yüksek kalıntı kostik konsantrasyonları gerekebilir.

Yaklaşık %8'den daha yüksek konsantrasyonlarda sodyum hidroksit mukavemetinin sistem kütle aktarım katsayısı üzerinde çok az etkisi vardır. Düşük konsantrasyonlarda kütle aktarım katsayısı hızla düşer ve kontaktör boyutlarını etkiler.

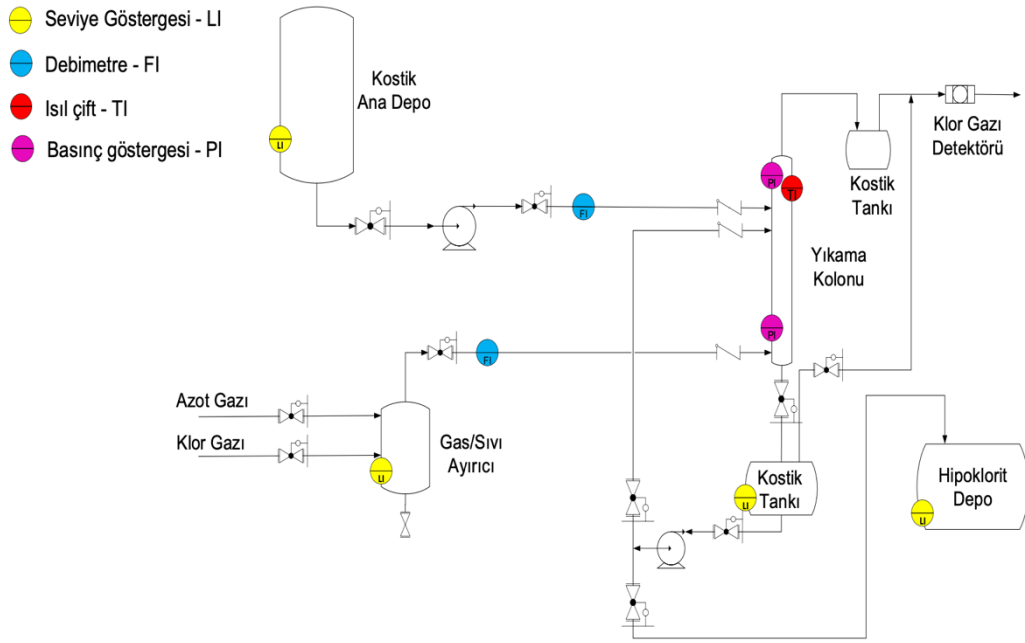
Kristalleşme, yabancı madde girişi veya kimyasal reaksiyon nedeniyle yıkama sistemlerinde katılar oluşabilir.

$Cl_2$  gazı ile klorla doymuş çözeltinin beslemesi devam ettikçe, çözeltinin pH'ı, aşağıdaki reaksiyonlarda görüldüğü gibi asit üretimi yoluyla azalır.



Ortamda kostik soda  $NaOH$  konsantrasyonu %2-%3 seviyesine düştüğü zaman yüksek oranda  $NaClO$  oluşur. Böylece  $NaOCl$  ile  $NaOCl_3$  reaksiyona girer ve daha fazla tuz oluşur.

Ortamda alkali eksikliği veya eksilmesi,  $C1_2$  gazının emilmeden (absorplanmadan) absorplama ünitesinden geldiği gibi geçmesine izin verir. Proje hedefi  $C1_2$  depolama tanklarında bulunan  $C1_2$  gazının çevreye olumsuz bir etki vermeden mevzuatlar kapsamında bertarafıdır. Ana tanklarının sistem vanaları mevcutta bulunan tank odasında montajı yapılacaktır. Sistemde herhangi bir sızıntı durumunda klor dedektörü tarafından yapılan ölçümlerde 0,3 ppm değere çıktığı zaman alarm sisteminin çalışması ile otomatikman işlem durdurulur. NaOH çözeltisi yukarıdan yağmurlama usulü ile ortama verilir. Sızıntı kaçak noktası tespit edilir ve kılavuz vana sistemi ile kaçak kontrol altına alınır. Sızıntı klor gazı klor tanklarında bulunan  $C1_2$  tam kontrollü bir şekilde NaOH çözeltili ıslak arıtma sistemi ile nötralize edilerek bertaraf edilebilir. Sistemde herhangi bir sızıntı durumunda klor dedektörleri tarafından yapılan ölçümlerde 3 ppm değere çıktığı zaman alarm sisteminin çalışması ile otomatikman işlem durdurulur. NaOH çözeltisi yukarıdan yağmurlama yöntemi ile ortama verilir. İşlem akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Klor Gazı Yıkama Ünitesi



#### 4.4 Kontrol Noktaları:

- Kostik tank seviyeleri: Sürekli sistemde kostik beslemesinin durmamasını sağlamak için tanklar dolu bulundurulmalıdır.
- Kolon basıncı: Kolon içerisinde tıkanıklık olup olmadığı basınç düşüşü gözlenerek kontrol edilmelidir. Tıkanıklık olması durumunda azot ve kostik beslemesi durdurulup sistem azot gaz ile süpürülür.
- Kolon sıcaklığı: İstenmeyen reaksiyonların oluşumu takip edilmelidir. Sistem sıcaklığının artması durumunda sisteme beslenen kostik miktarı artırılmalıdır.
- Klor Gazı ve Kostik besleme debileri: Yıkama sıvısı reaksiyona artan reaktant olarak gönderilmelidir. Bunun takibi sistemde kullanılan debimetrelerle yapılmalıdır.

#### 4.5. Proses Malzeme Ekipman Özellikleri:

Sistemde kullanılacak malzeme seçimleri Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Proses malzeme seçimi

Bölüm	Servis	Malzeme
Borulama	Kuru Klor gazı	Paslanmaz çelik
	Kostik	Paslanmaz çelik
	Hipoklorit çözeltisi	Paslanmaz çelik
Kolon	Hipoklorit & Klor	Paslanmaz çelik
Depolama Tankları	Kostik	Paslanmaz çelik
	Hipoklorit çözeltisi	Paslanmaz çelik
Pompa	Kostik	Paslanmaz çelik
	Hipoklorit çözeltisi	Paslanmaz çelik
Vana	Kuru Klor gazı	Paslanmaz çelik
	Kostik	Paslanmaz çelik
	Hipoklorit & Klor	Paslanmaz çelik

#### 5. GÜVENLİK ÖNLEMLERİ:

Gaz yıkama sisteminin çalışması ve kurulumu esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmektedir.

- Sürekli sistemin devamını sağlayacak pompa, fan vb. kritik ekipmanlar stokta yedekli bulundurulmalıdır.
- Sistemde kullanıma hazır uygun miktarda kostik çözeltisi bulundurulmalıdır.
- Kolon tepe gaz çıkışı klor gazı detektöründen geçirilerek atmosfere beslenmelidir.
- Atmosfere salınan gaz çıkışı prosesin en yüksek yerinden ve çalışma ortamından uzak bir noktaya verilmelidir.
- Yıkama sıvısının sızdırmasının önüne geçilebilmesi için sistemde kullanılan malzemeler sıvıya dayanıklı seçilmelidir. Sızdırma olması durumunda kullanılacak boşaltım ve nötralizasyon noktaları belirlenmelidir.

### 5.1. Kişisel Koruyucu Ekipmanlar (KKE):

- Solunum Koruyucular: Klor gazı solunum yolu ile alındığında ciddi zararlar verebileceği için, uygun bir solunum maskesi veya tam yüz maskesi kullanılması gereklidir. Bu maskeler, gazın solunmasını önleyen aktif karbon filtrelerine sahip olmalıdır.
- Göz Koruyucular: Klor gazı gözleri tahriş edebilir. Bu nedenle tam yüz ve göz koruyucu maskeler kullanılmalıdır.
- Eldivenler: Kimyasal maddelere dayanıklı, genellikle nitril veya butil kauçuk gibi materyallerden yapılmış eldivenler kullanılmalıdır.
- Koruyucu Giysiler: Kimyasal gazlara karşı dayanıklı, kapalı ve tam koruyucu laboratuvar önlükleri veya tulumlar giyilmelidir.

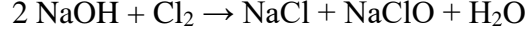
### 5.2. Gaz Dedektörü:

Bu çalışmada atmosfere beslenen gazın klor içeriğini izlemek için Elektrokimyasal tip sensör kullanılmalıdır. Bu tip sensörler, klor gazının bir elektrot üzerinde kimyasal bir reaksiyona girmesi ile çalışır ve bu reaksiyondan elde edilen elektriksel sinyali ölçer. Bu sinyal, gazın konsantrasyonunu belirlemek için kullanılır.



## 6.1. Katkı ve Kimyasallar:

Klor gazı (Cl<sub>2</sub>) sodyum hidroksit (NaOH) ile tepkimeye girdiğinde sodyum hipoklorit (NaOCl) ve tuz (NaCl) açığa çıkar. Ekzotermik bir reaksiyon olan tepkime aşağıda verilmektedir.



## 6.2. Proses Sonucu Elde Edilen Ürünler:

### 6.2.1. NaClO ( Sodyum Hipoklorit ):

Sodyum hipoklorit, bir tür tuzdur. Günlük hayatta beyazlatıcı çamaşır sularında kullanılmaktadır. Oda koşullarındaki klor ile sabunlardaki sodyum hidroksit tepkimeye sokularak üretilmektedir.

Formül: NaClO

Yoğunluk: 1,11 g/cm<sup>3</sup>

İçinde çözündüğü madde: Su

Erime noktası: 18°C

Kaynama noktası: 101 °C

Molar kütle: 74,44 g/mol

### 6.2.2. NaCl ( Tuz )

Sodyum klorür, yaygın olarak 'tuz' ismiyle bilinen kimyasal formülü NaCl; 1/1 oranında sodyum ve klorür iyonları olan iyonik bileşik. Molar kütleleri sırasıyla 22.99 ve 35.45 g/moldur. 100 g NaCl, 39.34 g Na ve 60.66 g Cl içerir.

Formül: NaCl

İçinde çözündüğü madde: Su, Amonyak, Etanol, Gliserin, Metanol, Formik asit, Propilen Glikol, Formamit

Molar kütle: 58,44 g/mol

IUPAC adı: Sodium chloride

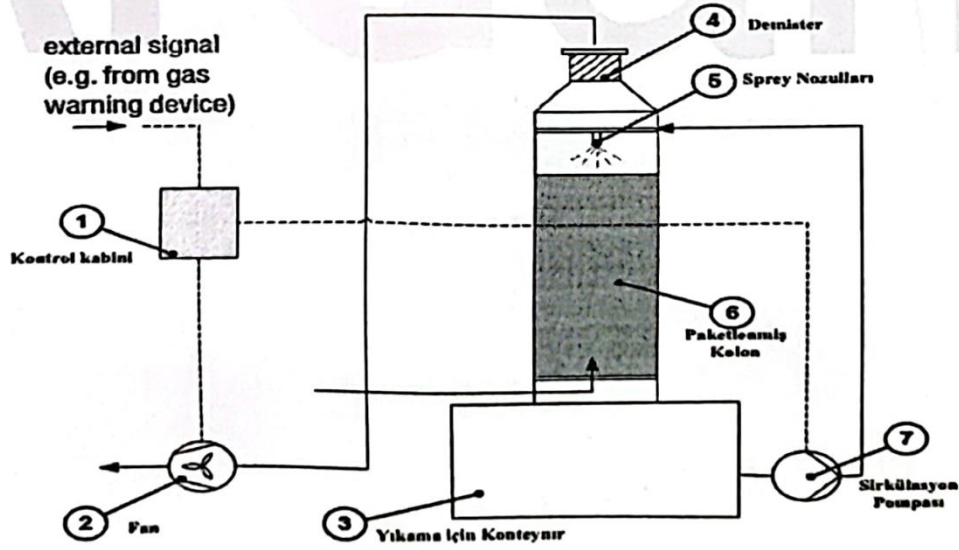
Erime noktası: 801 °C

Kaynama noktası: 1.465 °C

Yoğunluk: 2,16 g/cm<sup>3</sup>

## 7. AKIŞ DİAGRAMI:

Bertarafa ait iş akış diyagramı şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Bertaraf sistemi akış diyagramı

## 8.İŞLEM SAHASI



Şekil 4. İşlem sahası görüntüsü

Faaliyet alanı olarak 1 numaralı binanın deniz tarafında bulunan saha belirlenmiştir. Klor gazının havadan 2,5 kat ağır bir gaz olması nedeniyle en düşük rakımda işlemin yapılması güvenlik tedbirleri açısından uygundur. Uygu görüntüsü şekil 4’de verilmiştir.

## 9. TEKNİK GÖRÜŞ:

Klor Gazı Tanklarının ve Tüplerinin Sökülmesi, Taşınması ve Bertarafı İşlemi için yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda uygun şartların hazırlanması ve dikkatle uygulanması yüklenici firma sorumluluğundadır.

- Öncelikle yerel mevzuatta belirtilen hususlara uyulması,
  - Raporda belirtilen uluslararası yöntemlere dikkat edilerek işlemlerin tesis edilmesi,
  - Raporda belirtilen ve alınacak önlemlerin harfiyen yerine getirilmesi,
  - Gerekli kişisel koruyucu ekipman seçiminde klor gazı güvenlik bilgi formunda verilen hususlara uyulması,
  - Olası acil durumlarla ilgili gerekli tedbirlerin alınması ve uygulanması
- raporda belirtilen diğer hususlarda dikkate alınarak işlemlerin yapılması önerilir.